

A2

**CATALYST TEMPERATURE CONTROL METHOD FOR FUEL
CYLINDER INJECTION ENGINE AND CONTROL DEVICE FOR ENGINE**

Patent Number: JP2001271685

Publication date: 2001-10-05

Inventor(s): KUJI YOICHI;; TAGA JUNICHI;; ARAKI KEIJI

Applicant(s): MAZDA MOTOR CORP

Requested
Patent: ☐ JP2001271685Application
Number: JP20000087038 20000327Priority Number
(s):IPC F02D41/04; F01N3/08; F01N3/20; F01N3/24; F01N3/28; F02B23/00; F02B31/00;
Classification: F02D23/00; F02D23/02; F02D41/02; F02D43/00; F02D45/00; F02P5/15EC
Classification:

Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To rapidly raise an exhaust gas temperature at the time of recovering from sulfur poisoning of a lean NOx catalyst.

SOLUTION: In steps S14 to S18, fuel is injected at least in two steps of later injection after an intermediate stage of a compression stroke and early injection earlier than the later injection within a period from an intake stroke to ignition timing, setting an air-fuel ratio within a cylinder to $\lambda \approx 1$. An intake flow control valve is opened so that the swirl becomes weaker, the higher is request for a catalyst temperature increase.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-271685
(P2001-271685A)

(43) 公開日 平成13年10月5日 (2001.10.5)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームト* (参考)
F 0 2 D 41/04	3 3 5 3 0 5	F 0 2 D 41/04	3 3 5 A 3 G 0 2 2 3 0 5 A 3 G 0 2 3 3 0 5 E 3 G 0 8 4
F 0 1 N 3/08 3/20		F 0 1 N 3/08 3/20	A 3 G 0 9 1 E 3 G 0 9 2
審査請求 未請求 請求項の数19 O L (全 21 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2000-87038(P2000-87038)

(22) 出願日 平成12年3月27日 (2000.3.27)

(71) 出願人 000003137

マツダ株式会社

広島県安芸郡府中町新地3番1号

(72) 発明者 久慈 洋一

広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内

(72) 発明者 田賀 淳一

広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内

(74) 代理人 100076428

弁理士 大塚 康德 (外2名)

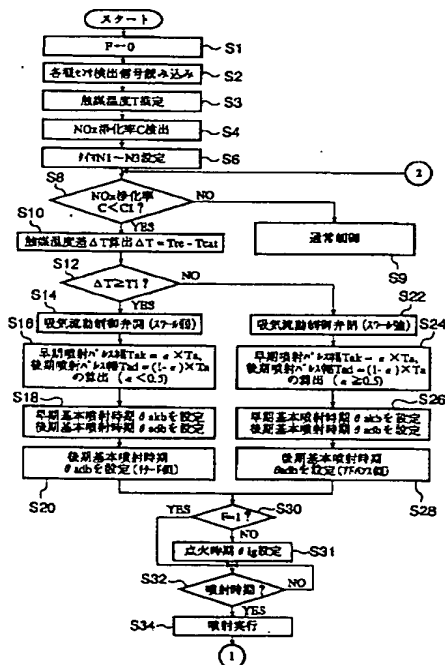
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 筒内噴射式エンジンの触媒温度制御方法及びエンジンの制御装置

(57) 【要約】

【課題】 リーンNOx触媒の硫黄被毒の回復時において、排気ガス温度を急速に上昇させる。

【解決手段】 ステップS14～S18で、気筒内の空燃比を $\lambda \approx 1$ に設定しつつ、吸気行程から点火時期にかけての期間内に、圧縮行程中期以降の後期噴射と、該後期噴射より早い早期噴射との少なくとも2つに分割して燃料を噴射し、触媒温度の昇温要求が高い程、スワールが弱くなるように吸気流動制御弁を開動作させる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 燃焼室内に直接燃料を噴射する燃料噴射弁と、排気通路に酸素過剰雰囲気中で NO_x を吸着し、酸素濃度が減少するにしたがって吸着した NO_x を放出する NO_x 触媒を備え、該 NO_x 触媒の硫黄被毒回復処理の実行時に、気筒内の空燃比を $\lambda \approx 1$ に設定しつつ、吸気行程から点火時期にかけての期間内に、圧縮行程中期以降の後期噴射と、該後期噴射より早い早期噴射との少なくとも2回に分割して燃料を噴射して該 NO_x 触媒の温度を上昇させるエンジンの制御装置において、前記 NO_x 触媒の温度状態を検出する温度検出手段と、気筒内の吸気流動強さを強制的に変化させる可変手段とを備え、前記 NO_x 触媒の硫黄被毒回復処理時に、該 NO_x 触媒温度の昇温要求が高い程、前記吸気流動強さが弱くなるように前記可変手段を動作させることを特徴とするエンジンの制御装置。

【請求項2】 前記 NO_x 触媒温度の昇温要求の高さに応じて、前記吸気流動強さを弱くし、且つ後期噴射時期を遅らせることを特徴とする請求項1に記載のエンジンの制御装置。

【請求項3】 前記 NO_x 触媒温度の昇温要求が最も高いときには、前記吸気流動強さを弱くし、後期噴射時期を遅らせ、且つ点火時期を遅らせることを特徴とする請求項1に記載のエンジンの制御装置。

【請求項4】 前記 NO_x 触媒温度の昇温要求の高さは、前記 NO_x 触媒の温度状態及びエンジン負荷が低い程高く設定されることを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載のエンジンの制御装置。

【請求項5】 前記硫黄被毒回復処理は、エンジン負荷が低く、空燃比が $\lambda > 1$ の運転領域において、前記 NO_x 触媒温度の昇温要求が高いときに実行されることを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載のエンジンの制御装置。

【請求項6】 燃焼室内に直接燃料を噴射する燃料噴射弁と、排気通路に酸素過剰雰囲気中で NO_x を吸着し、酸素濃度が減少するにしたがって吸着した NO_x を放出する NO_x 触媒を備え、該 NO_x 触媒の硫黄被毒回復処理の実行時に、気筒内の空燃比を $\lambda \approx 1$ に設定しつつ、吸気行程から点火時期にかけての期間内に、圧縮行程中期以降の後期噴射と、該後期噴射より早い早期噴射との少なくとも2回に分割して燃料を噴射して該 NO_x 触媒の温度を上昇させるエンジンの制御装置において、点火時期を制御する点火時期制御手段と、気筒内の吸気流動強さを強制的に変化させる可変手段と、燃料噴射時期を制御する噴射時期制御手段とを備え、前記点火時期制御手段は、前記 NO_x 触媒の温度状態が目標触媒温度に未達の場合は所定の第1期間点火時期を遅らせ、

その後目標触媒温度に未達の場合は前記可変手段が所定の第2期間吸気流動強さを弱め、

その後目標触媒温度に未達の場合は前記噴射時期制御手段が所定の第3期間後期噴射時期を遅らせることを特徴とするエンジンの制御装置。

【請求項7】 前記 NO_x 触媒温度が低いエンジン低負荷時に実行することを特徴とする請求項6に記載のエンジンの制御装置。

【請求項8】 前記排気通路の前記 NO_x 触媒上流には過給機が配置されていることを特徴とする請求項6又は7に記載のエンジンの制御装置。

【請求項9】 前記排気通路には、前記過給機をバイパスするバイパス通路が形成され、エンジン低負荷時における NO_x 触媒の昇温要求時に該バイパス通路を開通することを特徴とする請求項8に記載のエンジンの制御装置。

【請求項10】 燃焼室内に直接燃料を噴射する燃料噴射弁と、排気通路に酸素過剰雰囲気中で NO_x を吸着し、酸素濃度が減少するにしたがって吸着した NO_x を放出する NO_x 触媒を備え、該 NO_x 触媒の硫黄被毒回復処理の実行時に、気筒内の空燃比を $\lambda \approx 1$ に設定しつつ、吸気行程から点火時期にかけての期間内に、圧縮行程中期以降の後期噴射と、該後期噴射より早い早期噴射との少なくとも2回に分割して燃料を噴射して該 NO_x 触媒の温度を上昇させるエンジンの制御装置において、点火時期を制御する点火時期制御手段を備え、前記点火時期制御手段は、前記 NO_x 触媒の温度状態が目標触媒温度に未達の場合は点火時期を遅らせることを特徴とするエンジンの制御装置。

【請求項11】 気筒内の吸気流動強さを強制的に変化させる可変手段と、燃料噴射時期を制御する噴射時期制御手段とを更に備え、該可変手段は前記 NO_x 触媒の温度状態が目標触媒温度に未達の場合は吸気流動強さを弱め、その後目標触媒温度に未達の場合は該噴射時期制御手段が後期噴射時期を遅らせることを特徴とする請求項10に記載のエンジンの制御装置。

【請求項12】 前記 NO_x 触媒の温度状態が目標触媒温度に未達の場合は前記点火時期制御手段が点火時期を戻しつつ、前記可変手段が吸気流動強さを弱め、その後目標触媒温度に未達の場合は前記噴射時期制御手段が後期噴射時期を遅らせることを特徴とする請求項10に記載のエンジンの制御装置。

【請求項13】 燃焼室内に直接燃料を噴射する燃料噴射弁と、排気通路に酸素過剰雰囲気中で NO_x を吸着し、酸素濃度が減少するにしたがって吸着した NO_x を放出する NO_x 触媒を備え、該 NO_x 触媒の硫黄被毒回復処理の実行時に、気筒内の空燃比を $\lambda \approx 1$ に設定しつつ、吸気行程から点火時期にかけての期間内に、圧縮行程中期以降の後期噴射と、該後期噴射より早い早期噴射との少なくとも2回に分割して燃料を噴射して該 NO_x 触媒

の温度状態を上昇させる筒内噴射式エンジンにおいて、前記NO_x触媒の温度状態が目標触媒温度に未達の場合は所定の第1期間点火時期を遅らせ、その後目標触媒温度に未達の場合は所定の第2期間吸気流動強さを弱め、その後目標触媒温度に未達の場合は所定の第3期間後期噴射時期を遅らせることを特徴とする筒内噴射式エンジンの触媒温度制御方法。

【請求項14】 前記NO_x触媒温度が低いエンジン低負荷時に実行することを特徴とする請求項13に記載の筒内噴射式エンジンの触媒温度制御方法。

【請求項15】 前記排気通路の前記NO_x触媒上流には過給機が配置されていることを特徴とする請求項13又は14に記載の筒内噴射式エンジンの触媒温度制御方法。

【請求項16】 前記排気通路には、前記過給機をバイパスするバイパス通路が形成され、エンジン低負荷時におけるNO_x触媒の昇温要求時に該バイパス通路を開通することを特徴とする請求項15に記載の筒内噴射式エンジンの触媒温度制御方法。

【請求項17】 燃焼室内に直接燃料を噴射する燃料噴射弁と、排気通路に酸素過剰雰囲気中でNO_xを吸着し、酸素濃度が減少するにしたがって吸着したNO_xを放出するNO_x触媒を備え、該NO_x触媒の硫黄被毒回復処理の実行時に、気筒内の空燃比をλ≒1に設定しつつ、吸気行程から点火時期にかけての期間内に、圧縮行程中期以降の後期噴射と、該後期噴射より早い早期噴射との少なくとも2回に分割して燃料を噴射して該NO_x触媒の温度を上昇させる筒内噴射式エンジンにおいて、前記NO_x触媒の温度状態が目標触媒温度に未達の場合は点火時期を遅らせることを特徴とする筒内噴射式エンジンの触媒温度制御方法。

【請求項18】 前記NO_x触媒の温度状態が目標触媒温度に未達の場合は吸気流動強さを弱め、その後目標触媒温度に未達の場合は後期噴射時期を遅らせることを特徴とする請求項17に記載の筒内噴射式エンジンの触媒温度制御方法。

【請求項19】 前記NO_x触媒の温度状態が目標触媒温度に未達の場合は点火時期を戻しつつ、吸気流動強さを弱め、その後目標触媒温度に未達の場合は後期噴射時期を遅らせることを特徴とする請求項17に記載の筒内噴射式エンジンの触媒温度制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、筒内噴射式エンジンの触媒硫黄被毒を回復する筒内噴射式エンジンの触媒温度制御方法及びエンジンの制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】エンジンの排気通路に混合気空燃比がリーンのときの排気ガス中のNO_x（窒素酸化物）を吸着し、排気ガス中の酸素濃度が低下したときにNO_xを

放出するリーンNO_x触媒を設け、この放出されるNO_xを還元浄化するようにしたものは一般に知られている。リーンNO_x触媒は、燃料やエンジンオイルに硫黄成分が含まれている場合、排気ガス中のNO_xを吸着するよりも排気ガス中のSO_x（硫黄酸化物）を吸着しやすいという特性を持っており、SO_xの吸着により硫黄被毒されるとNO_xの吸着能力が著しく低下してしまう。

【0003】この硫黄被毒を回復するために、特開平6-272541号公報には、リーンNO_x触媒上の酸化バリウムが硫黄被毒によって硫酸バリウムになることを利用し、当該触媒を高温に加熱した後に排気ガスの空燃比をリッチにすること、硫酸バリウムが分解してSO₂ガスとして脱離させる方法が記載されている。

【0004】また、硫黄被毒されたリーンNO_x触媒を高温にするために、空燃比をλ≒1に設定し、吸気行程と圧縮行程の2回に分けて燃料を噴射するものが提案されている（特開平11-107740号公報）。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】そして、リーンNO_x触媒の硫黄被毒の回復時には、排気ガス温度を急速に上げることと、筒内噴射式エンジンの利点である燃費改善を損なわないことが要求される。

【0006】本発明は、上述の課題に鑑みてなされ、その目的は、リーンNO_x触媒の硫黄被毒の回復時において、排気ガス温度を急速に上昇させ、筒内噴射式エンジンの利点である燃費改善を損うことのない筒内噴射式エンジンの触媒温度制御方法及びエンジンの制御装置を提供することである。

【0007】

【課題を解決するための手段】上述の課題を解決し、目的を達成するために、本発明の筒内噴射式エンジンの制御装置は、燃焼室内に直接燃料を噴射する燃料噴射弁と、排気通路に酸素過剰雰囲気中でNO_xを吸着し、酸素濃度が減少するにしたがって吸着したNO_xを放出するNO_x触媒を備え、該NO_x触媒の硫黄被毒回復処理の実行時に、気筒内の空燃比をλ≒1に設定しつつ、吸気行程から点火時期にかけての期間内に、圧縮行程中期以降の後期噴射と、該後期噴射より早い早期噴射との少なくとも2回に分割して燃料を噴射して該NO_x触媒の温度を上昇させるエンジンの制御装置において、前記NO_x触媒の温度状態を検出する温度検出手段と、気筒内の吸気流動強さを強制的に変化させる可変手段とを備え、前記NO_x触媒の硫黄被毒回復処理時に、該NO_x触媒温度の昇温要求が高い程、前記吸気流動強さが弱くなるように前記可変手段を動作させる。

【0008】また、好ましくは、前記NO_x触媒温度の昇温要求の高さに応じて、前記吸気流動強さを弱くし、且つ後期噴射時期を遅らせる。

【0009】また、好ましくは、前記NO_x触媒温度の

昇温要求が最も高いときには、前記吸気流動強さを弱くし、後期噴射時期を遅らせ、且つ点火時期を遅らせる。

【0010】また、好ましくは、前記NOx触媒温度の昇温要求の高さは、前記NOx触媒の温度状態及びエンジン負荷が低い程高く設定される。

【0011】また、好ましくは、前記硫黄被毒回復処理は、エンジン負荷が低く、空燃比が $\lambda > 1$ の運転領域において、前記NOx触媒温度の昇温要求が高いときに実行される。

【0012】また、本発明の筒内噴射式エンジンの制御装置は、燃焼室内に直接燃料を噴射する燃料噴射弁と、排気通路に酸素過剰雰囲気中でNOxを吸着し、酸素濃度が減少するにしたがって吸着したNOxを放出するNOx触媒を備え、該NOx触媒の硫黄被毒回復処理の実行時に、気筒内の空燃比を $\lambda \approx 1$ に設定しつつ、吸気行程から点火時期にかけての期間内に、圧縮行程中期以降の後期噴射と、該後期噴射より早い早期噴射との少なくとも2回に分割して燃料を噴射して該NOx触媒の温度を上昇させるエンジンの制御装置において、点火時期を制御する点火時期制御手段と、気筒内の吸気流動強さを強制的に変化させる可変手段と、燃料噴射時期を制御する噴射時期制御手段とを備え、前記点火時期制御手段は、前記NOx触媒の温度状態が目標触媒温度に未達のときは所定の第1期間点火時期を遅らせ、その後目標触媒温度に未達のときは前記可変手段が所定の第2期間吸気流動強さを弱め、その後目標触媒温度に未達のときは前記噴射時期制御手段が所定の第3期間後期噴射時期を遅らせる。

【0013】また、好ましくは、前記NOx触媒温度が低いエンジン低負荷時に実行する。

【0014】また、好ましくは、前記排気通路の前記NOx触媒上流には過給機が配置されている。

【0015】また、好ましくは、前記排気通路には、前記過給機をバイパスするバイパス通路が形成され、エンジン低負荷時におけるNOx触媒の昇温要求時に該バイパス通路を開通する。

【0016】本発明の筒内噴射式エンジンの触媒温度制御方法は、燃焼室内に直接燃料を噴射する燃料噴射弁と、排気通路に酸素過剰雰囲気中でNOxを吸着し、酸素濃度が減少するにしたがって吸着したNOxを放出するNOx触媒を備え、該NOx触媒の硫黄被毒回復処理の実行時に、気筒内の空燃比を $\lambda \approx 1$ に設定しつつ、吸気行程から点火時期にかけての期間内に、圧縮行程中期以降の後期噴射と、該後期噴射より早い早期噴射との少なくとも2回に分割して燃料を噴射して該NOx触媒の温度を上昇させるエンジンの制御装置において、点火時期を制御する点火時期制御手段を備え、前記点火時期制御手段は、前記NOx触媒の温度状態が目標触媒温度に未達のときは点火時期を遅らせる。

【0017】また、好ましくは、気筒内の吸気流動強さ

を強制的に変化させる可変手段と、燃料噴射時期を制御する噴射時期制御手段とを更に備え、該可変手段は前記NOx触媒の温度状態が目標触媒温度に未達のときは吸気流動強さを弱め、その後目標触媒温度に未達のときは該噴射時期制御手段が後期噴射時期を遅らせる。

【0018】また、好ましくは、前記NOx触媒の温度状態が目標触媒温度に未達のときは前記点火時期制御手段が点火時期を戻しつつ、前記可変手段が吸気流動強さを弱め、その後目標触媒温度に未達のときは前記噴射時期制御手段が後期噴射時期を遅らせる。

【0019】本発明の筒内噴射式エンジンの触媒温度制御方法は、燃焼室内に直接燃料を噴射する燃料噴射弁と、排気通路に酸素過剰雰囲気中でNOxを吸着し、酸素濃度が減少するにしたがって吸着したNOxを放出するNOx触媒を備え、該NOx触媒の硫黄被毒回復処理の実行時に、気筒内の空燃比を $\lambda \approx 1$ に設定しつつ、吸気行程から点火時期にかけての期間内に、圧縮行程中期以降の後期噴射と、該後期噴射より早い早期噴射との少なくとも2回に分割して燃料を噴射して該NOx触媒の温度状態を上昇させる筒内噴射式エンジンにおいて、前記NOx触媒の温度状態が目標触媒温度に未達のときは所定の第1期間点火時期を遅らせ、その後目標触媒温度に未達のときは所定の第2期間吸気流動強さを弱め、その後目標触媒温度に未達のときは所定の第3期間後期噴射時期を遅らせる。

【0020】また、好ましくは、前記NOx触媒温度が低いエンジン低負荷時に実行する。

【0021】また、好ましくは、前記排気通路の前記NOx触媒上流には過給機が配置されている。

【0022】また、好ましくは、前記排気通路には、前記過給機をバイパスするバイパス通路が形成され、エンジン低負荷時におけるNOx触媒の昇温要求時に該バイパス通路を開通する。

【0023】本発明の筒内噴射式エンジンの触媒温度制御方法は、燃焼室内に直接燃料を噴射する燃料噴射弁と、排気通路に酸素過剰雰囲気中でNOxを吸着し、酸素濃度が減少するにしたがって吸着したNOxを放出するNOx触媒を備え、該NOx触媒の硫黄被毒回復処理の実行時に、気筒内の空燃比を $\lambda \approx 1$ に設定しつつ、吸気行程から点火時期にかけての期間内に、圧縮行程中期以降の後期噴射と、該後期噴射より早い早期噴射との少なくとも2回に分割して燃料を噴射して該NOx触媒の温度を上昇させる筒内噴射式エンジンにおいて、前記NOx触媒の温度状態が目標触媒温度に未達のときは点火時期を遅らせる。

【0024】また、好ましくは、前記NOx触媒の温度状態が目標触媒温度に未達のときは吸気流動強さを弱め、その後目標触媒温度に未達のときは後期噴射時期を遅らせる。

【0025】また、好ましくは、前記NOx触媒の温度

状態が目標触媒温度に未達のときは点火時期を戻しつつ、吸気流動強さを弱め、その後目標触媒温度に未達のときは後期噴射時期を遅らせる。

【0026】

【発明の効果】以上のように、請求項1の発明によれば、NO_x触媒の硫黄被毒回復処理時に、NO_x触媒温度の昇温要求が高い程、吸気流動強さを弱くすることにより、排気ガス温度を急速に上昇させ、筒内噴射式エンジンの利点である高い燃費改善率の悪化を抑制することができる。

【0027】請求項2の発明によれば、NO_x触媒温度の昇温要求の高さに応じて、吸気流動強さを弱くし、且つ後期噴射時期を遅らせることにより、燃費悪化を抑えながら昇温効果を高めることができる。

【0028】請求項3の発明によれば、NO_x触媒温度の昇温要求が最も高いときには、吸気流動強さを弱くし、後期噴射時期を遅らせ、且つ点火時期を遅らせることにより、燃費悪化代を少なくしつつ昇温効果をより高めることができる。

【0029】請求項4の発明によれば、NO_x触媒温度の昇温要求の高さは、NO_x触媒の温度状態及びエンジン負荷が低い程高く設定されることにより、排気ガス温度が低いときの昇温要求に対処できる。

【0030】請求項5の発明によれば、硫黄被毒回復処理は、エンジン負荷が低く、空燃比が $\lambda > 1$ の運転領域において、NO_x触媒温度が比較的低い状態であっても触媒を急速に昇温できる。

【0031】請求項6及び13によれば、NO_x触媒の温度状態が目標触媒温度に未達のときは所定の第1期間点火時期を遅らせ、その後目標触媒温度に未達のときは所定の第2期間吸気流動強さを弱め、その後目標触媒温度に未達のときは所定の第3期間後期噴射時期を遅らせることにより、排気ガス温度を急速に上昇させ、筒内噴射式エンジンの利点である高い燃費改善率の悪化を抑制することができる。

【0032】請求項7及び14の発明によれば、NO_x触媒の温度が低いエンジン低負荷時に実行することにより、運転頻度が比較的多い領域で触媒を急速に昇温できる。

【0033】請求項8、9、15及び16によれば、排気通路のNO_x触媒上流には過給機が配置され、排気通路には、過給機をバイパスするバイパス通路が形成され、エンジン低負荷時におけるNO_x触媒の昇温要求時に該バイパス通路を開通することにより、タービンへの放熱が減少して昇温効果をより高めることができる。

【0034】請求項10及び17の発明によれば、NO_x触媒の温度状態が目標触媒温度に未達のときは点火時期を遅らせることにより、燃費悪化代を少なくしつつ触媒を急速に昇温させることができる。

【0035】請求項11及び18の発明によれば、NO

x触媒の温度状態が目標触媒温度に未達のときは吸気流動強さを弱め、その後目標触媒温度に未達のときは後期噴射時期を遅らせることにより、燃費悪化代を少なくしつつ触媒を急速に昇温させることができる。

【0036】請求項12及び19の発明によれば、NO_x触媒の温度状態が目標触媒温度に未達のときは点火時期を戻しつつ、吸気流動強さを弱め、その後目標触媒温度に未達のときは後期噴射時期を遅らせることにより、燃費悪化を最小限に抑えながら触媒を急速に昇温させることができる。

【0037】

【発明の実施の形態】以下に、本発明の実施の形態について添付図面を参照して詳細に説明する。〔筒内噴射式エンジンの構造〕図1は、本実施形態の筒内噴射式エンジンの燃焼室部分の構造を示す概略断面図である。

【0038】図1に示すように、1はエンジンであって、シリンダブロック2には複数のシリンダが形成され、シリンダブロック2の頂部にシリンダヘッド3がガスカートケットを介して固定されている。各シリンダにはピストン4が嵌挿され、ピストン4の頂面とシリンダヘッド3の下面との間に燃焼室5が形成されている。そして、燃焼室5に連通するように吸気ポート6及び排気ポート7とこれらポート6、7を開閉する吸気弁8及び排気弁9とが配設され、燃焼室5に臨むように点火プラグ10とインジェクタ11が配設されている。インジェクタ11は燃焼室5内に直接燃料を噴射する。

【0039】シリンダヘッド3の下面には断面略台形の凹部が形成され、燃焼室5の上部を画定している。燃焼室5の上面部には吸気ポート6が開口し、傾斜面部には排気ポート7が開口している。吸気ポート6及び排気ポート7は、夫々2個ずつ紙面と直交する方向に並んで設けられ、吸気弁8及び排気弁9が夫々配設されている。吸気弁8及び排気弁9は、図示しないカムシャフト等からなる動弁機構により作動されて所定タイミングで開閉する。

【0040】点火プラグ10は、燃焼室5上部の略中央部に配置され、点火ギャップが燃焼室5内に臨むようにシリンダヘッド3に取り付けられる。

【0041】インジェクタ11は燃焼室5の周縁部に配設され、吸気ポート6の側方においてシリンダヘッド3に取り付けられ、吸気ポート6が開口する燃焼室5上面部とシリンダブロック2に対する合わせ面との間の壁面12にインジェクタ11のノズル部が臨み、斜め下方に向けて燃料を噴射する。

【0042】ピストン4頂部のインジェクタ11寄りには、凹状の成層用キャビティ13が形成されている。そして、ピストン4が上死点に近い位置となる圧縮行程後半に燃料がインジェクタ11からキャビティ13に向けて噴射されると共に、キャビティ13で反射されて点火プラグ10付近に達するように、インジェクタ11の位

置及び方向とキャビティ 1 の位置と点火プラグ 10 の位置関係が予め設定されている。

【0043】図2は、筒内噴射式エンジン全体の概略図である。

【0044】図2に示すように、エンジン1には吸気通路15及び排気通路16が接続されている。吸気通路15の下流には、吸気マニホールドにおいてシリンダごとに分岐し、且つ気筒別通路15aには並列に2つの分岐通路が形成され、その下流端に2つの吸気ポート6が図1の燃焼室5に開口している。一方の分岐通路には吸気流動制御弁17が設けられ、吸気流動制御弁17の開度を制御することにより、他方の分岐通路から導入される吸気により燃焼室5に吸気流動（スワール又はタンブル）が生成されると共に、吸気流動の強弱が制御される。尚、吸気流動の強弱は、2つの吸気弁の一方の開度を制御したり、バルブタイミングの可変制御により実行することもできる。

【0045】吸気通路15の途中にはスロットル弁18が設けられ、吸入空気量を制御可能にステップモータ等の電気的なアクチュエータ19によってスロットル弁18が作動される。

【0046】排気通路16には、排気中の空燃比検出のための O_2 センサ21が配設されると共に、排気ガス浄化用の触媒を備えた触媒装置22が設けられている。この触媒装置22は、排気通路16の上流側に配設されたHC、CO、 NO_x を浄化する三元触媒22aと、三元触媒22aの下流側に配設された NO_x を吸着する NO_x 触媒22bとから構成される。 NO_x 触媒22bは、暖機後に空燃比を $\lambda > 1$ のリーン領域にして成層燃焼を行う場合に、空燃比 $\lambda > 1$ において NO_x を吸着する。また、 NO_x 触媒22bは理論空燃比 $\lambda = 1$ 付近において三元機能を発揮し、 $\lambda \leq 1$ の空燃比において吸着した NO_x を放出してHCやCOと反応させる。

【0047】排気通路16における触媒装置22は、排気マニホールド16aの直下流（排気マニホールドに直結）に配置すると高速高負荷時に触媒温度が過剰に上昇しやすくなり、触媒保護のためにエンジンから遠ざかるように排気マニホールド16aに接続された排気管16bの途中に配置されている。

【0048】排気通路16と吸気通路15との間には、排気ガスの一部を吸気系に還流するEGR通路43が接続され、このEGR通路43にはEGRバルブ44が介設されている。

【0049】排気管16bにおける触媒装置22の上流側には、過給機のタービン40と、タービン40をバイパスするウエストゲート41とが設けられている。ウエストゲート41はウエストゲートバルブ42により開閉され、過給圧が過剰に上昇するのを抑制する。

【0050】エンジン制御ECU（電気的コントロールユニット）30は、排気ガス中の酸素濃度を検出する O_2 センサ21、エンジンのクランク角を検出するクランク角センサ23、アクセル開度（アクセルペダル踏み込み量）を検出するアクセル開度センサ24、吸入空気量を検出するエアフローメータ25、エンジン冷却水の水温を検出する水温センサ26、エンジン回転数センサ27、吸気温度センサ28及び大気圧センサ29等からの信号が入力される。

【0051】図3は、エンジン及び触媒の状態検出及びエンジン制御を実行するためのエンジン制御ECUに入力される各種パラメータを示す図である。

【0052】エンジン制御ECU30は、温度状態判別部31、運転状態検出部32、燃料供給制御部33、噴射量演算部34、点火時期制御部35及び回転数制御部36を含んでいる。

【0053】温度状態判別部31は、エンジン回転数センサ27からのエンジン回転数検出信号、アクセル開度センサ24からのアクセル開度検出信号、エアフローメータ25からの吸気流量検出信号、水温センサ26からの水温検出信号、燃料噴射量 T_a 、噴射モード等の過去の履歴によって触媒温度を推定すると共に、この推定された触媒温度から NO_x 浄化率を検出することで触媒温度を昇温させて硫黄被毒回復処理を実行するか否かを判定する。さらに温度状態判別部31はエンジン温度も推定し、水温が設定温度未満であればエンジン冷機状態、設定温度以上であればエンジン暖機状態と判定する。尚、触媒温度の推定は、水温検出とエンジン始動からの経過時間の判定とを併用して行なうようにしてもよく、また、触媒温度を直接検出するようにしてもよい。

【0054】噴射モードは、吸気行程噴射（均一燃焼領域）、又は圧縮行程噴射（成層燃焼領域）、更にこれらの領域での分割噴射という噴射形態を有し、運転領域ごとに予め設定されているため、運転領域の判定により設定される。

【0055】運転状態検出部32は、エンジン回転数センサ27からのエンジン回転数検出信号、アクセル開度センサ24からのアクセル開度検出信号、エアフローメータ25からの吸気流量検出信号及び水温センサ26からの水温検出信号、吸気温度センサ28からの吸気温度検出信号、大気圧センサ29からの大気圧検出信号によってリーン領域やリッチ領域等のエンジンの運転領域を判定する。また、吸気流量検出信号からエンジンの急加速や高負荷運転等の過渡運転状態を判定する。また、水温検出信号からエンジンの冷間若しくは温間運転状態の判定を行う。更に、 O_2 センサ21からの O_2 検出信号は O_2 センサ21の活性時に出力され、 O_2 フィードバック制御時に用いられる。

【0056】燃料噴射制御部33は、エンジン回転数センサ27からのエンジン回転数検出信号、アクセル開度センサ24からのアクセル開度検出信号、エアフローメータ25からの吸気流量検出信号及び水温センサ26から

らの水温検出信号、 O_2 センサ21からの O_2 検出信号によって燃料の噴射時期 Q_a を演算する。

【0057】噴射量演算部34は、エンジン回転数センサ27からのエンジン回転数検出信号、アクセル開度センサ24からのアクセル開度検出信号、エアフローメータ25からの吸気流量検出信号、水温センサ26からの水温検出信号、燃圧及び噴射モードによって燃料噴射量 T_a を演算する。

【0058】燃圧は、インジェクタに作用する高圧燃料ポンプの吐出圧力であり、燃圧センサ出力と筒内圧（推測値）との差圧により噴射量 T_a が補正される。

【0059】燃料噴射制御部33及び噴射量演算部34は、インジェクタ駆動回路37を介してインジェクタ11からの燃料噴射時期 Q_a 及び噴射量（パルス幅） T_a を制御するものであり、触媒冷機状態のときは、燃焼室5全体の空燃比は略理論空燃比 $\lambda \approx 1$ としつつ、吸気行程から点火時期にかけての期間内に、圧縮行程中期以降の後期噴射と、この後期噴射より早い吸気行程前半の早期噴射との少なくとも2つに分割して燃料を噴射する分割噴射により、燃焼室5内の点火プラグ10付近の領域に理論空燃比（ $\lambda = 1$ ）若しくはこれよりリッチな空燃比 $\lambda < 1$ の混合気を形成するとともに、点火プラグ10付近の領域の周囲に理論空燃比 $\lambda = 1$ よりもリーンな空燃比 $\lambda > 1$ の混合気を形成するように制御する。

【0060】点火時期制御部35は、エンジン回転数センサ27からのエンジン回転数検出信号、アクセル開度センサ24からのアクセル開度検出信号、エアフローメータ25からの吸気流量検出信号、水温センサ26からの水温検出信号及び噴射モードによって点火時期 θ_{ig} を演算する。

【0061】点火時期制御部35は、点火装置38に制御信号を出力して、点火時期 θ_{ig} をエンジンの運転状態に応じて制御するものであり、基本的には点火時期 θ_{ig} をMBT（ベストトルクを発揮する点火タイミング近傍）に制御するが、後述のように硫黄被毒回復処理時にエンジン低負荷の成層運転領域において点火時期をリタードする。

【0062】また、エンジン制御ECU30は、スロットル弁18を駆動するアクチュエータ19に制御信号を出力することによって吸入空気量の制御も行なうようになっており、エンジン暖機後に圧縮行程のみの燃料噴射により成層燃焼が行われるような場合等に、空燃比をリーンとすべく吸入空気量を調整する。スロットル弁開度 θ_{mv} は、エンジン回転数センサ27からのエンジン回転数検出信号、アクセル開度センサ24からのアクセル開度検出信号、エアフローメータ25からの吸気流量検出信号、吸気温センサ28からの吸気温検出信号、大気圧センサ29からの大気圧検出信号及び噴射モードによって演算される。

【0063】また、エンジン制御ECU30は、分割噴

射時等に燃焼室5内にスワールを生じさせるべく、吸気流動制御弁17を制御すると共に、空燃比を $\lambda = 1$ よりリーンとする成層燃焼時等にEGRを行なうべくEGR弁44を制御する。

【0064】吸気流動制御弁17の開閉は、エンジン回転数センサ27からのエンジン回転数検出信号、アクセル開度センサ24からのアクセル開度検出信号、エアフローメータ25からの吸気流量検出信号及び噴射モードによって制御され、気筒内のスワール比（スワールの旋回角速度／エンジン回転角速度）により制御される。

【0065】EGR弁開度 θ_{egr} は、エンジン回転数センサ27からのエンジン回転数検出信号、アクセル開度センサ24からのアクセル開度検出信号、エアフローメータ25からの吸気流量検出信号、水温センサ26からの水温検出信号及び噴射モードによって演算される。

【0066】エンジン制御ECU30は、エンジン回転数センサ27からのエンジン回転数検出信号及びスタータ信号からエンジン始動を判定する。

【0067】更に、エンジン制御ECU30は、硫黄被毒回復処理時にエンジン低負荷ならばウエストゲートバルブ42によりウエストゲート41を開いてリーン NO_x 触媒22bに流れる排気ガス量を増加させて昇温効果を高めている。

〔触媒の温度制御〕

<硫黄被毒回復処理のための触媒の昇温制御> 先ず、リーン NO_x 触媒の硫黄被毒回復時において、触媒温度を600℃以上に急速に上昇させるための触媒の昇温制御について説明する。

【0068】図4及び図5は、本実施形態の筒内噴射式ガソリンエンジンにおける触媒の昇温制御を示すフローチャートである。

【0069】先ず、触媒の昇温制御の概要について説明する。

【0070】本実施形態では、リーン NO_x 触媒が暖機した状態で、リーン NO_x 触媒の硫黄被毒回復処理時に触媒温度を600℃以上に急速に上昇させるために、エンジン低負荷のリーン運転領域において以下の制御を実行する。但し、 NO_x 触媒は暖機した状態である。

【0071】①気筒内の空燃比を $\lambda \approx 1$ に設定しつつ、吸気行程から点火時期にかけての期間内に、圧縮行程中期以降の後期噴射と、該後期噴射より早い早期噴射との少なくとも2回に分割して燃料を噴射する。

【0072】②触媒温度の昇温要求の高さに応じて、スワールが弱くなるように吸気流動制御弁を開動作させ、スワール弱の時の要求噴射タイミング（同一運転領域においてスワール強の時の要求噴射タイミングよりリタード側に設定されたタイミング）に設定する。

【0073】③触媒温度の昇温要求の高さに応じて、スワールを弱くし、且つ後期噴射時期を上記スワール弱の時の要求噴射時期に対してリタードさせる。

【0074】④触媒温度の昇温要求が最も高いときには、上記スワールを弱くし、且つ後期噴射時期のリタードに加え、さらに点火時期をリタードさせる。

【0075】次に、図4及び図5を参照して上記①～④の制御を実行するためのエンジン制御ECU30による具体的フローについて説明する。

【0076】図4に示すように、ステップS1では、フラグFをゼロリセットし、ステップS2では、エンジン制御ECU30は、 O_2 センサ21、エンジンのクランク角を検出するクランク角センサ23、アクセル開度センサ24、エアフローメータ25、水温センサ26、エンジン回転数センサ27、吸気温度センサ28、大気圧センサ29、燃圧センサ及びスタータ等からの各検出信号を読み込む。

【0077】ステップS3では、エンジン回転数センサ27からのエンジン回転数検出信号、アクセル開度センサ24からのアクセル開度検出信号、エアフローメータ25からの吸気流量検出信号、水温センサ26からの水温検出信号、燃料噴射量 Ta 、噴射モード等の過去の履歴によって NOx 触媒温度 $Tcat$ を推定する。尚、排気ガス温度を計測し、 NOx 触媒温度 $Tcat$ に代用してもよい。

【0078】ステップS4では、ステップS2で推定された NOx 触媒温度 $Tcat$ から NOx 浄化率 C を検出する。

【0079】ステップS6では、タイマ $N1 \sim N3$ を設定する。期間 $N1 \sim N3$ は実験等により最適な時間に設定される。

【0080】ステップS8では、 NOx 浄化率 C が所定値 $C1$ 未満か否かを判定する。

【0081】ステップS8で NOx 浄化率 C が所定値 $C1$ 以上ならば（ステップS8でNO）、ステップS9で通常のエンジン制御を実行する。

【0082】ステップS8で NOx 浄化率 C が所定値 $C1$ 未満ならば（ステップS8でYES）、硫黄被毒により NOx 浄化率 C が低下しているのでステップS10に進む。

【0083】ステップS10では、硫黄被毒回復処理に必要な温度 Tre （例えば、 $600^{\circ}C$ ）と現在の NOx 触媒温度 $Tcat$ との差 ΔT を算出して触媒の昇温要求度合を算出する。

【0084】ステップS12では、触媒温度差 ΔT が所定温度 $T1$ 以上か否かを判定する。ステップS12で触媒温度差 ΔT が所定温度 $T1$ 以上ならば（ステップS12でYES）、触媒の昇温要求が高いのでステップS14に進み、触媒温度差 ΔT が所定温度 $T1$ 未満ならば（ステップS12でNO）、触媒の昇温要求が低いのでステップS22に進む。

【0085】ステップS14では、触媒の昇温要求が高いので吸気流動制御弁を開作動させてスワール弱とし、

排気ガス温度を上昇させる。

【0086】ステップS16では、噴射パルス幅 Ta を $\alpha : 1 - \alpha$ に配分して、分割噴射における早期噴射パルス $Tak (= \alpha \times Ta)$ と、後期噴射パルス $Tad (= (1 - \alpha) \times Ta)$ とを算出する。但し、 $\alpha < 0.5$ に設定して後期噴射パルス幅 Tad を大きくする。

【0087】ステップS18では、スワール弱の時に要求される早期基本噴射時期 θakb と後期基本噴射時期 θadb とを設定する。

【0088】ステップS20では、スワール弱の時に要求される後期基本噴射時期 θadb を設定する。尚、この後期基本噴射時期 θadb は、相対的にスワール弱の時の要求値がスワール強の時の要求値に対してリタード側にある。

【0089】一方、触媒の昇温要求が低いときには、ステップS22で吸気流動制御弁17を開作動させてスワール強とする。

【0090】ステップS24では、噴射パルス幅 Ta を $\alpha : 1 - \alpha$ に配分して、分割噴射における早期噴射パルス $Tak (= \alpha \times Ta)$ と、後期噴射パルス $Tad (= (1 - \alpha) \times Ta)$ とを算出する。但し、 $\alpha \geq 0.5$ に設定して後期噴射パルス幅 Tad を小さくする。

【0091】ステップS26では、スワール強の時に要求される早期基本噴射時期 θakb と後期基本噴射時期 θadb とを設定する。

【0092】ステップS28では、スワール強の時に要求される後期基本噴射時期 θadb を設定する。尚、このスワール強の時に要求される後期基本噴射時期 θadb は、スワール弱の時に要求される値より相対的にアドバンス側にある。

【0093】ステップS30では、フラグFが1か否かを判定し、点火時期 θig リタードのフラグFが1ならば（ステップS30でYES）、ステップS45で設定された点火時期 θig （点火リタード）のまま、ステップS32に進む。

【0094】一方、ステップS30でフラグFが1でないならば（ステップS30でNO）、ステップS31に進む。

【0095】ステップS31では、ステップS45で設定される点火時期 θig よりもアドバンス側にある適切な点火時期 θig を設定する。

【0096】ステップS32では、クランク角センサ23から検出されたエンジンのクランク角が設定された噴射時期になったならば（ステップS32でYES）、ステップS34に進む。

【0097】ステップS34では、ステップS16又はS24で算出された噴射パルス幅 Tak 、 Tad にてインジェクタ11から燃料を噴射する。

【0098】図5に示すように、ステップS36では、ステップS31乃至S45で設定された点火時期 θig

になったならば（ステップS36でYES）、ステップS38に進む。

【0099】ステップS38では、ステップS31乃至S45で設定された点火時期 θ_{ig} にて点火プラグ10を点火させる。

【0100】ステップS39では、フラグFが1か否かを判定し、点火時期 θ_{ig} リタードのフラグFが1ならば（ステップS39でYES）、ステップS44へ進む。

【0101】一方、フラグFが1でないならば（ステップS39でNO）、ステップS40へ進む。

【0102】ステップS40、42では、タイマN2をカウントダウンが終了するまでステップS8～S38までのエンジン制御を継続する。

【0103】ステップS44では、触媒温度差 ΔT がゼロ以下、つまり触媒温度 T_{cat} 硫黄被毒回復処理に必要な温度 T_{re} まで上昇したか否かを判定する。

【0104】ステップS44で触媒温度 T_{cat} が硫黄被毒回復処理に必要な温度 T_{re} まで上昇したならば（ステップS44でYES）、ステップS47に進む。

【0105】また、触媒温度 T_{cat} が硫黄被毒回復処理に必要な温度 T_{re} まで上昇していないならば（ステップS44でNO）、ステップS45に進む。

【0106】ステップS45では、さらに触媒温度 T_{cat} の上昇を図るため、点火時期 θ_{ig} をリタードさせ、ステップS46で点火時期 θ_{ig} のリタードフラグFを1にセットし、上記ステップS8～S38までのエンジン制御を継続する。

【0107】ステップS47では、ステップS46までのフローに基づいたステップS8～S38までのエンジン制御を継続する。

【0108】ステップS48、50では、タイマN1のカウントダウンが終了するまで上記ステップS8～S38までのエンジン制御を継続する。

【0109】ステップS52では、NOx浄化率Cが所定値C2（所定値C1より多少大きい値）未満か否かを判定する。

【0110】ステップS52でNOx浄化率Cが所定値C2以上ならば（ステップS52でYES）、硫黄被毒が十分に回復したので、ステップS54に進んで硫黄被毒回復制御終了処理を実行してリターンする。

【0111】ステップS52でNOx浄化率Cが所定値C2未満ならば（ステップS52でNO）、硫黄被毒が十分に回復していないので、ステップS56に進む。

【0112】ステップS56、58、60では、タイマN3のカウントダウンが終了するまで上記ステップS8～S38までのエンジン制御を継続して、硫黄被毒回復処理を延長する。

【0113】図7は、エンジンの運転領域を示すマップである。図8は、本実施形態の触媒の昇温制御による排

気ガス温度の変化を示す図である。図9は、点火時期に応じた排気ガス温度と図示平均有効圧力との関係を示す図である。図10は、2分割噴射における燃料噴射量と噴射時期とを示すタイミングチャートである。

【0114】図7に示す成層燃焼領域は、圧縮行程後期のみに燃料を噴射することにより、点火プラグ10まわりに混合気を偏在させて成層燃焼を行わせる領域である。 $\lambda=1$ の領域は、吸気行程前期及び圧縮行程中期乃至後期に燃料を噴射し且つ燃焼室全体の空燃比を略理論空燃比（ $\lambda=1$ ）とする領域である。エンリッチ領域は、吸気行程前期乃至圧縮行程中期のみに燃料を噴射する領域である。

【0115】図1に示すエンジン1は、ピストン4の頂部に、インジェクタ11から噴出された燃料をトラップして点火プラグ10方向に導く成層化用のキャビティ12を設けることにより、圧縮行程中期以降にインジェクタ11から燃料が噴射されたときに点火プラグ10付近の局所空燃比が後期噴射によりリッチとなるように気筒内のスワール比（スワール流動角速度/エンジン角速度）が設定される。

【0116】本実施形態の硫黄被毒回復処理は、図7に示す成層燃焼領域で且つエンジン負荷が低い領域で実行され、空燃比を $\lambda=1$ に設定して吸気流動制御弁17を開動作させてスワール弱とし、吸気行程から点火時期にかけての期間内に、圧縮行程中期以降の後期噴射と、後期噴射より早い早期噴射との2分割で燃料を噴射する。更に、後期噴射割合を前期噴射割合より大きくしている。

【0117】図8に示すように、後期噴射の割合を20～60%で変化させた場合に、後期噴射割合を大きくする程排気ガス温度が高まり、且つスワール弱により燃焼速度が抑制されて緩慢燃焼になり排気ガス温度が高められるため、触媒温度を急速に上昇させることができる。また、成層領域で且つエンジン負荷が低い領域なので燃費の悪化を最小限に抑えることができる。

【0118】ここで、圧縮行程中期とは、図10に示すように圧縮行程を前期、中期、後期に3等分したときの中期、つまり、クランク角でBTDC（上死点前）120°からBTDC60°の期間を意味する。従って、後期噴射はBTDC120°以降となる。但し、後述のように後期噴射の時期が遅すぎると燃焼安定性が損なわれることから、圧縮行程の3/4の期間が経過するまで（BTDC45°まで）に後期噴射を開始することが望ましい。

【0119】つまり、図10に示すように後期噴射は圧縮行程における上死点前120°から上死点前45°までの期間内に開始されるように設定され、早期噴射は後期噴射より前の適当な時期、例えば吸気行程の期間内に開始されるように設定される。

【0120】更に、上記制御に加えて、図10の点線に

示すように、後期噴射時期をリタードさせ、必要ならば点火時期もリタードさせることにより、排気ガス温度を急速に上昇できる。

【0121】点火時期のリタードは、図9に示すように、エンジンの P_i （図示平均有効圧力）変動率が約5%の範囲内において実行される。尚、この P_i 変動率は、 P_i の標準偏差 σ/P_i のサイクル平均 $\times 100$ （%）で定義される。

＜他の触媒の昇温制御＞また、他の昇温制御手順として、空燃比を $\lambda \approx 1$ に設定して分割噴射させたときに、 NO_x 触媒温度が硫黄被毒回復処理に必要な温度 T_{re} に未達のときは点火時期をリタードさせ、更に NO_x 触媒温度が温度 T_{re} に未達のときはスワール弱とし、それでも温度 T_{re} に未達のときは後期噴射時期を遅らせるか、又は点火時期をリタードさせても NO_x 触媒温度が硫黄被毒回復処理に必要な温度 T_{re} に未達のときは点火時期を戻しつつ、スワール弱とし、その後温度 T_{re} に未達のときは後期噴射時期をリタードさせることによって、燃費悪化を最小限に抑えることができる。

【0122】尚、本実施形態のように過給機を搭載するエンジンならば、エンジン低負荷領域では過給を必要としないので、硫黄被毒回復処理時にウエストゲートを開通することにより、タービンへの放熱が少なくして触媒に流れる排気ガス温度を高温に保ち、昇温効果をより高めることができる。

＜硫黄被毒回復制御後の触媒の温度復帰制御＞次に、リーン NO_x 触媒の硫黄被毒回復制御後に、 600°C 以上に昇温されて NO_x 浄化率の低い触媒を急速に NO_x 浄化率の高い 400°C 程度の温度領域まで戻すための触媒の温度復帰制御について説明する。

【0123】図6は、本実施形態の筒内噴射式ガソリンエンジンにおける触媒の温度復帰制御を示すフローチャートである。

【0124】まず、触媒の温度復帰制御の概要について説明する。

【0125】硫黄被毒回復処理後の浄化可能温度範囲から逸脱した触媒高温状態においてエンジンの運転状態が空燃比 $\lambda \leq 1$ の領域から $\lambda > 1$ のリーン領域に移行してしまうと、 NO_x 触媒温度が低下するまで NO_x 吸着性能が低いという不都合がある。

【0126】このため、本実施形態では、リーン NO_x 触媒が暖機した状態で、硫黄被毒回復処理後の浄化可能温度範囲から逸脱した NO_x 触媒温度を、早急に NO_x 浄化率の高い温度領域まで戻す（温度を下げる）ために以下の制御を実行する。

【0127】①空燃比を $\lambda \leq 1$ から $\lambda > 1$ のリーン領域に移行する前にスワール強としつつ、空燃比 $\lambda \approx 1$ に設定する。

【0128】②空燃比が $\lambda < 1$ 乃至 $\lambda \approx 1$ で分割噴射による運転状態から、 $\lambda > 1$ のリーン領域に移行する時

に、少なくとも後期噴射時期をアドバンスする。

【0129】③吸着された NO_x を放出するとき、いわゆる NO_x パージ時に、空燃比を $\lambda < 1$ 乃至 $\lambda \approx 1$ に設定し、吸気行程から点火時期にかけての期間内に少なくとも2回に分割して燃料を噴射すると共に、この運転状態から $\lambda > 1$ のリーン領域に移行する前に、スワール強としつつ、空燃比を $\lambda \approx 1$ に設定する。

【0130】次に、図6を参照して上記①～③の制御を実行するためのエンジン制御 $\text{ECU}30$ による具体的フローについて説明する。

【0131】図6に示すように、ステップ $S62$ では、エンジン制御 $\text{ECU}30$ は、空燃比を $\lambda \approx 1$ に保持した状態で、吸気流動制御弁17が閉状態か否かを判定する。

【0132】ステップ $S62$ で閉状態ならば（ステップ $S62$ でYES）、スワール強を保持して、ステップ $S64$ に進む。

【0133】ステップ $S64$ では、上記ステップ $S45$ で設定された点火時期 θ_{ig} のリタードを終了する。

【0134】ステップ $S66$ では分割噴射を終了して成層燃焼領域での運転に戻され、上記ステップ $S9$ での通常のエンジン制御を実行する。

【0135】ステップ $S62$ で開状態ならば（ステップ $S62$ でYES）、ステップ $S68$ に進んで吸気流動制御弁を開動作させてスワール強とする。

【0136】ステップ $S70$ では、上記ステップ $S18$ 又は $S26$ で設定された後期基本噴射時期 θ_{adb} をアドバンスしてステップ $S66$ に進む。

【0137】図11は、リーン NO_x 触媒と三元触媒の温度変化に伴う NO_x 浄化率の特性を示す図である。図12は、本実施形態の触媒の温度復帰制御による排気ガス温度の変化を示す図である。

【0138】図7及び図12に示すように、上記温度復帰制御は、硫黄被毒回復処理後に空燃比を $\lambda \leq 1$ のリッチ領域から $\lambda > 1$ の成層燃焼領域に移行させる前にスワール強とすることにより、燃費悪化及び燃焼安定性低下を抑えつつ、図11に示すように排気ガス温度を急速に低下させて硫黄被毒回復制御後に 600°C 程度まで昇温された触媒を急速に NO_x 浄化率の高い 400°C 程度の温度領域まで戻すことができ、この間、空燃比を $\lambda \approx 1$ に設定することにより三元触媒の浄化ウィンドウにおいて NO_x 浄化を図ることができる。

【0139】また、三元触媒がない仕様においても空燃比 $\lambda \approx 1$ の設定によって、 NO_x 触媒の三元機能を利用し、排気ガスの浄化を図ることができる。

【0140】また、スワール強にするための吸気流動制御弁の開動作は、燃焼室への吸入空気量が少ないエンジン低負荷及び低回転領域において行われ、出力効率が低下する高負荷、高回転領域では行わないことが望ましい。尚、スワールの代わりに、吸気弁等の他の手段を用

いて吸気流動を強化してもよい。

【0141】更に、空燃比が $\lambda < 1$ 乃至 $\lambda \approx 1$ で分割噴射による運転状態から、 $\lambda > 1$ のリーン領域に移行する時に、少なくとも後期噴射時期をアドバンスすることにより、より排気ガス温度を急速に低下させることができる。

【0142】特に、リーン NO_x 触媒が吸着した NO_x を放出して、この触媒が有する還元浄化機能により NO_x を還元する触媒リフレッシュが実行されるときに、空燃比を $\lambda < 1$ 乃至 $\lambda \approx 1$ に設定し、吸気行程から点火時期にかけての期間内に少なくとも2回に分割して燃料を噴射すると NO_x と反応する CO を増加できるので、 NO_x を効率よく浄化できる。

【0143】尚、本発明は、その趣旨を逸脱しない範囲で上記実施形態を修正又は変形したものに適用可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本実施形態の筒内噴射式エンジンの燃焼室部分の構造を示す概略断面図である。

【図2】筒内噴射式エンジン全体の概略図である。

【図3】エンジン及び触媒の状態検出及びエンジン制御を実行するためのエンジン制御ECUに入力される各種パラメータを示す図である。

【図4】本実施形態の筒内噴射式ガソリンエンジンにおける触媒の昇温制御を示すフローチャートである。

【図5】本実施形態の筒内噴射式ガソリンエンジンにおける触媒の昇温制御を示すフローチャートである。

【図6】本実施形態の筒内噴射式ガソリンエンジンにおける触媒の温度復帰制御を示すフローチャートである。

【図7】エンジンの運転領域を示すマップである。

【図8】本実施形態の触媒の昇温制御による排気ガス温度の変化を示す図である。

【図9】点火時期に応じた排気ガス温度と図示平均有効圧力との関係を示す図である。

【図10】2分割噴射における燃料噴射量と噴射時期とを示すタイミングチャートである。

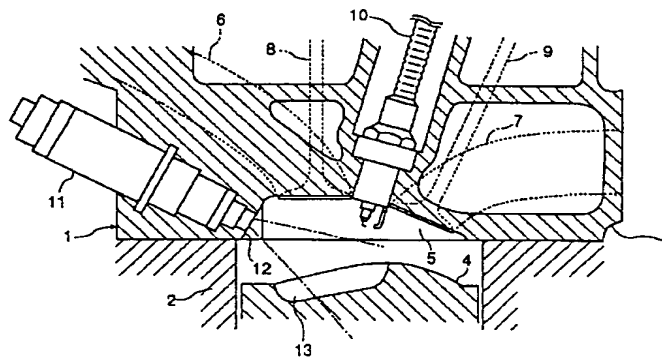
【図11】リーン NO_x 触媒と三元触媒の温度変化に伴う NO_x 浄化率の特性を示す図である。

【図12】本実施形態の触媒の温度復帰制御による排気ガス温度の変化を示す図である。

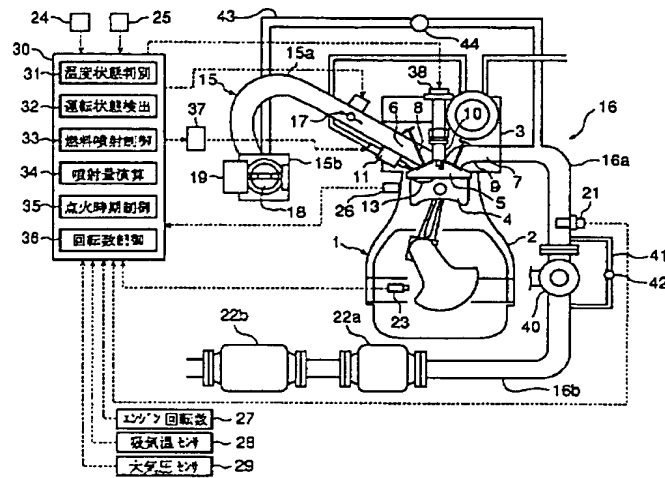
【符号の説明】

- 1…エンジン
- 10…点火プラグ
- 11…インジェクタ
- 15…吸気通路
- 16…排気通路
- 21… O_2 センサ
- 22…触媒装置
- 30…ECU

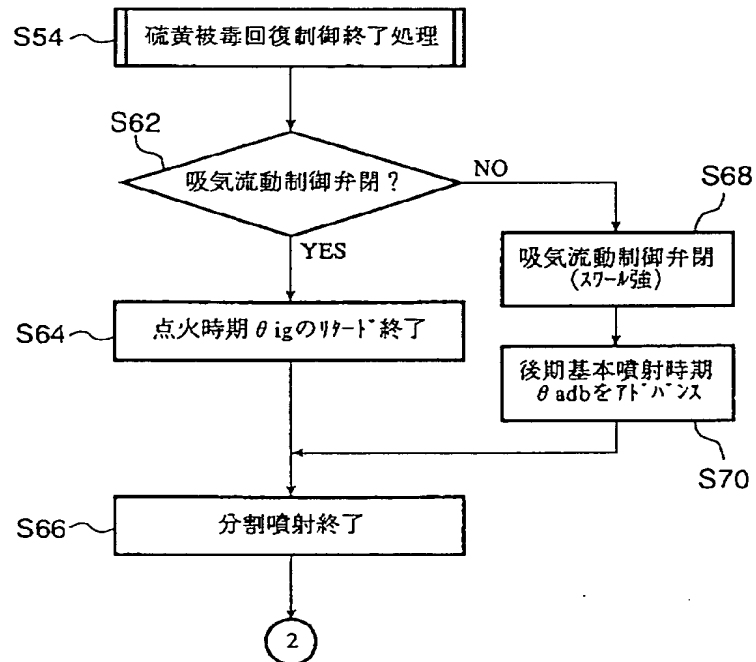
【図1】



【図2】



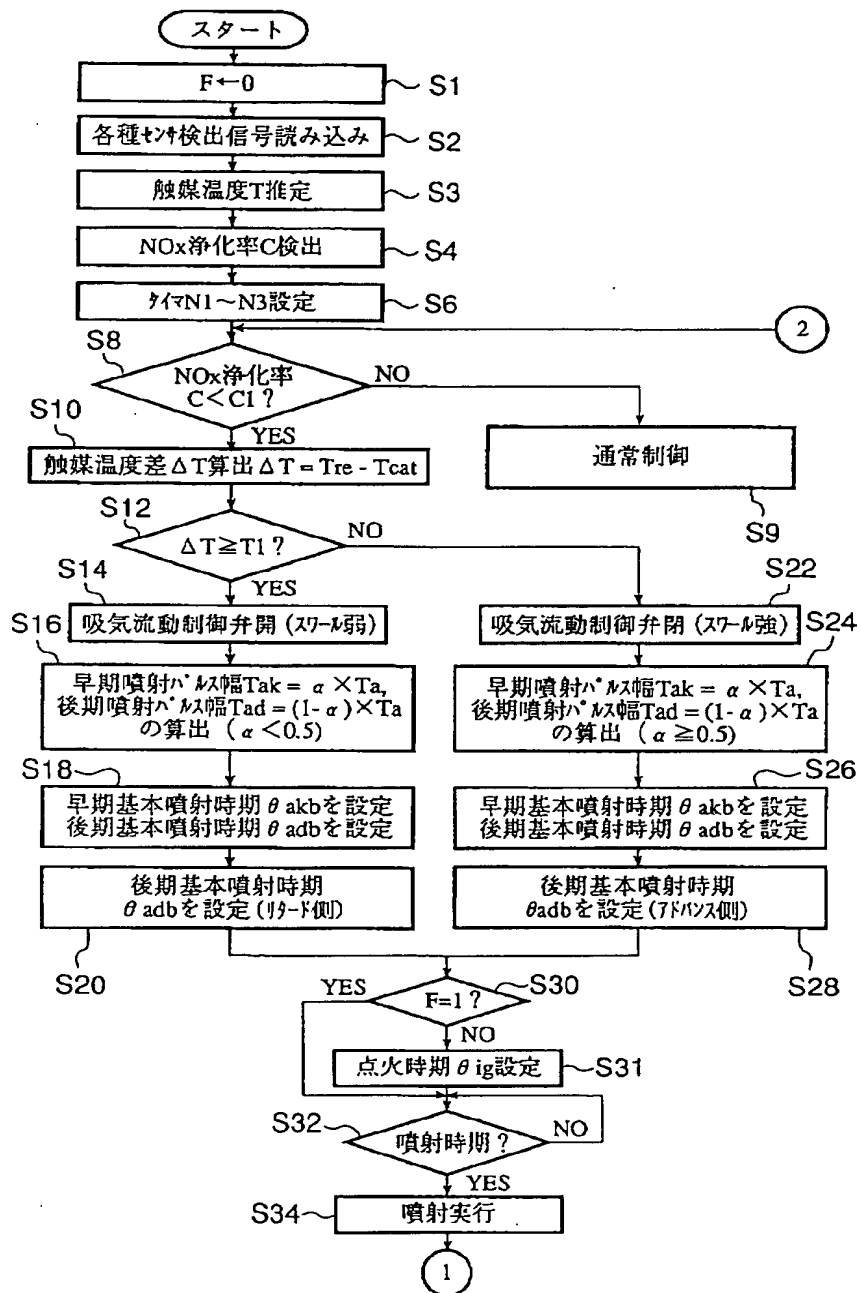
【図6】



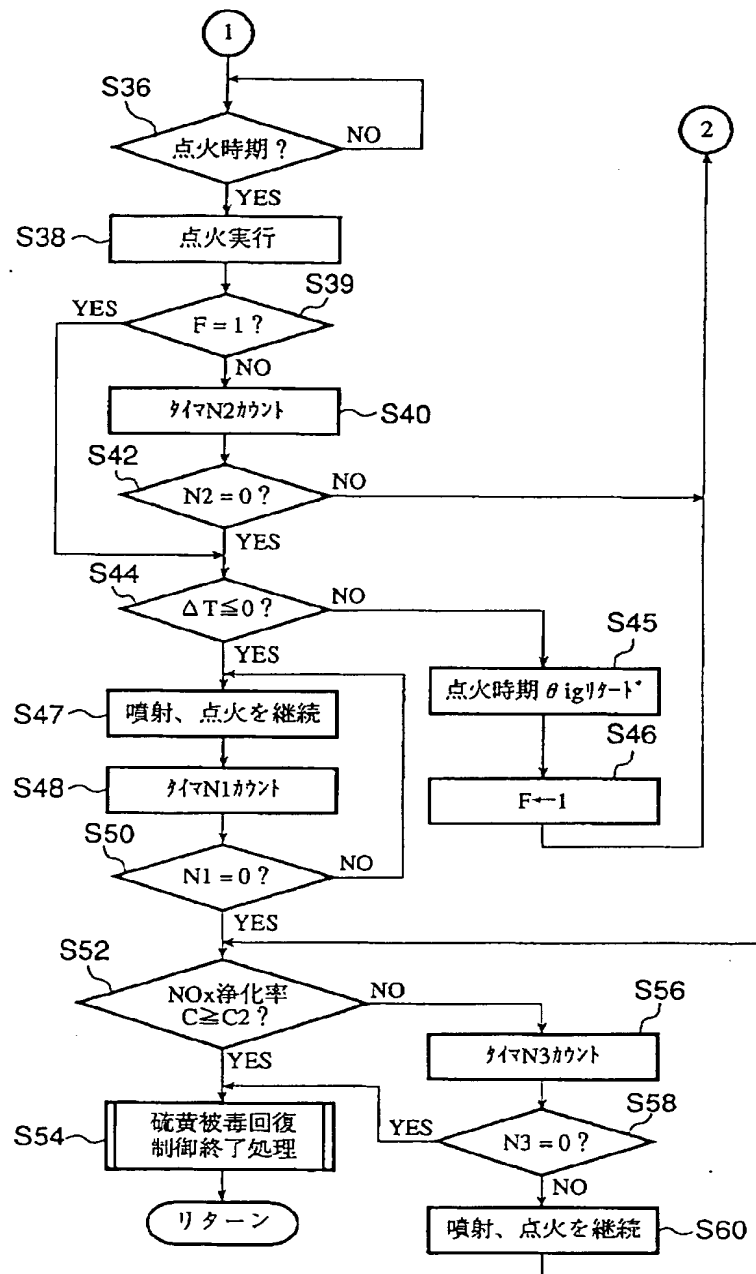
【図3】

入力パラメータ 判別、制御対象	エンジン回転数	アクト開度	エアフローメータ (吸気流量検出)	エンジン水温	吸気温度 (吸気密度補正に利用)	大気圧	酸素出力 (酸素活性時出力) (O2センサーバック時利用)	その他
運転領域	○	○	○ (過度運転判別)	○ (冷間 過熱判別)	○	○		
触媒の温度状態推定 (各パラメータの 履歴により推定)	○	○	○	○				・Te ・噴射 セット
噴射量(パルス幅) Ta	○	○	○	○			○	・燃圧 ・噴射 セット
噴射時期 Qa	○	○	○	○				
スロットル開度 θ_{IV}	○	○	○		○	○		・噴射 セット
吸気流動制御弁の開閉	○	○	○					・噴射 セット
EGR 弁開度 θ_{egr}	○	○	○	○				・噴射 セット
点火時期 Q _{ig}	○	○	○	○				
始動判定	○							・スロー 信号

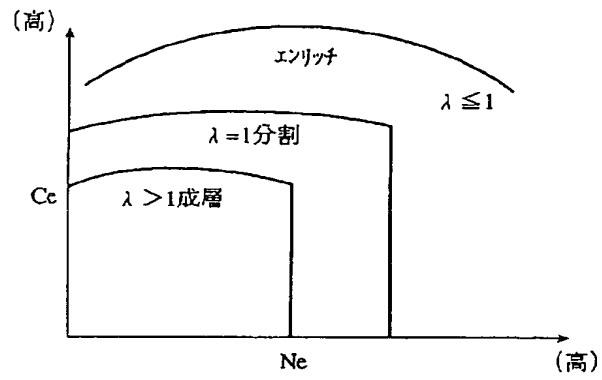
【図4】



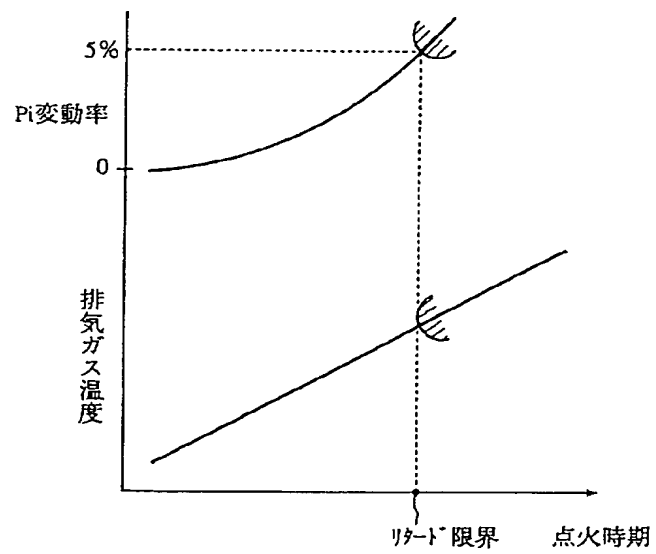
【図5】



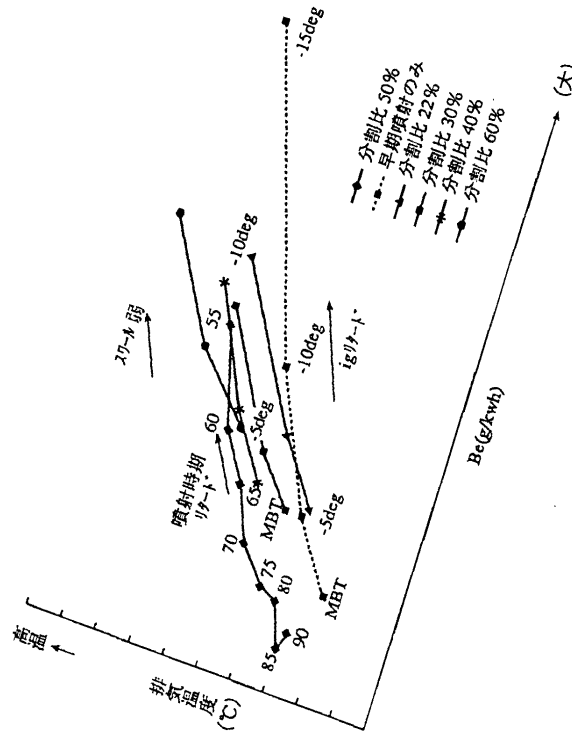
【図7】



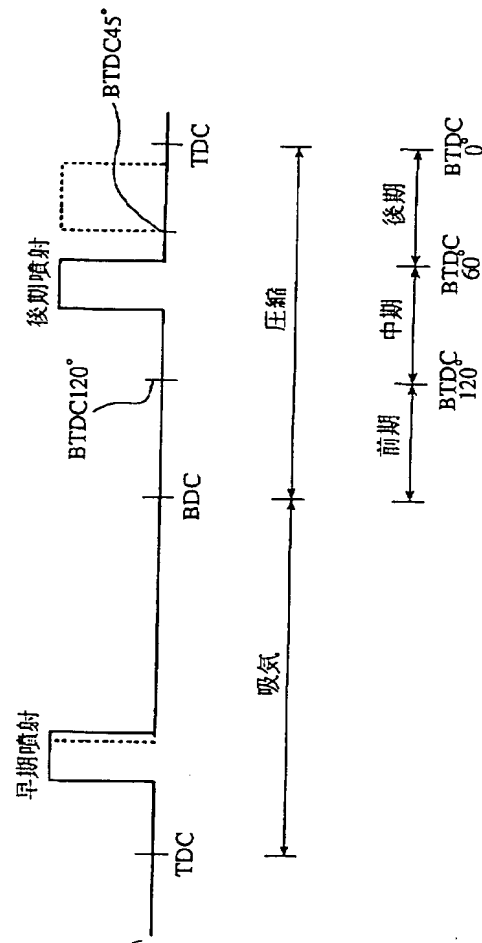
【図9】



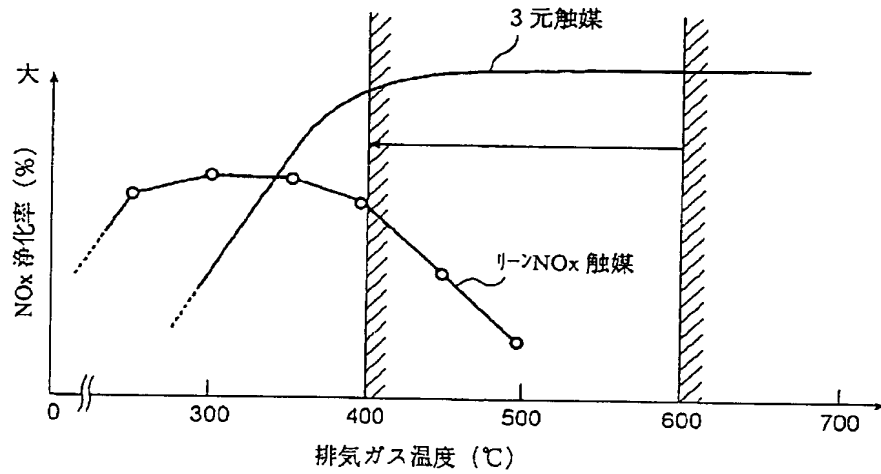
【図8】



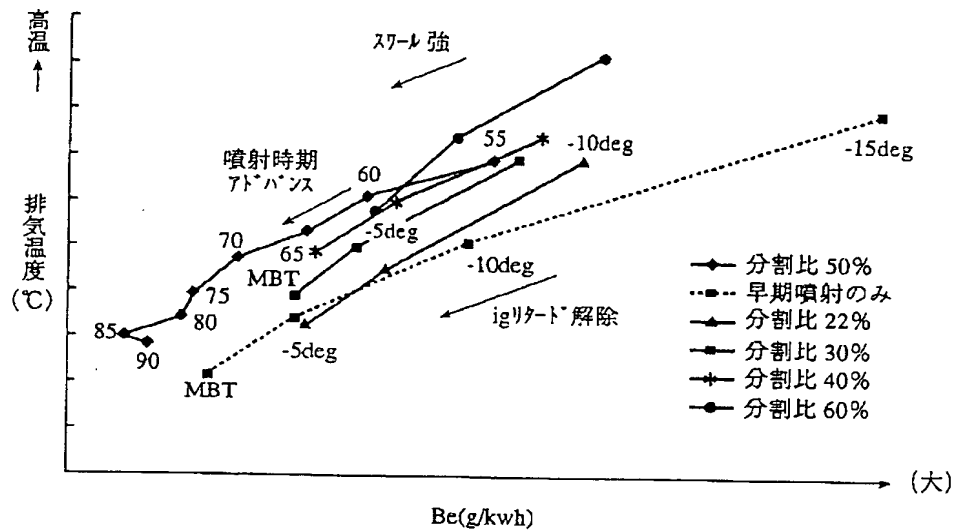
【図10】



【図11】



【図12】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ド (参考)
F 0 1 N 3/24		F 0 1 N 3/24	R 3 G 3 0 1
			T
3/28	3 0 1	3/28	3 0 1 C
F 0 2 B 23/00		F 0 2 B 23/00	S
31/00	3 2 1	31/00	3 2 1 B
F 0 2 D 23/00		F 0 2 D 23/00	H
23/02		23/02	H
41/02	3 0 1	41/02	3 0 1 G
43/00	3 0 1	43/00	3 0 1 U
			3 0 1 A
			3 0 1 J
45/00	3 1 4	45/00	3 1 4 R
F 0 2 P 5/15		F 0 2 P 5/15	B
			H

(72)発明者 荒木 啓二
 広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ
 株式会社内

F ターム(参考) 3G022 AA07 AA08 BA01 CA09 DA01
 DA02 EA01 GA01 GA05 GA06
 GA08 GA09 GA10 GA11 GA12
 3G023 AA00 AA01 AA02 AA05 AB01
 AC05 AD02 AD06 AD12 AD29
 AE05 AF01 AF03 AG01 AG03
 3G084 AA04 BA08 BA09 BA15 BA21
 CA03 CA04 DA02 DA10 EA04
 EA07 EA11 EC02 EC03 FA01
 FA02 FA07 FA10 FA18 FA20
 FA27 FA29 FA33 FA36 FA38
 3G091 AA02 AA10 AA11 AA12 AA17
 AA24 AA28 AB03 AB06 AB08
 BA11 BA14 BA15 BA19 BA32
 BA33 CA13 CB02 CB03 CB05
 CB07 CB08 DA01 DA02 DB06
 DB07 DB10 DC01 EA00 EA01
 EA03 EA05 EA07 EA14 EA15
 EA16 EA17 EA18 EA30 EA34
 FA04 FA13 FA14 FA17 FA18
 FB02 FB03 FB10 FB11 FB12
 FC04 FC05 HA08 HA18 HA36
 HB03 HB05 HB06
 3G092 AA01 AA06 AA09 AA10 AA17
 AB02 BA05 BA06 BA09 BB06
 BB12 DB03 DC08 EA04 EA06
 EA07 EA08 EA11 EA17 FA17
 FA24 GA05 GA06 HA01Z
 HA04Z HA11Y HC01Z HD02Z
 HD05X HE01Z HE03Z HE08Z
 HF08Z HF19Z HG08Z
 3G301 HA01 HA04 HA11 HA13 HA16
 HA17 JA02 JA25 KA08 KA09
 KA13 LA03 LA05 LB04 MA01
 MA19 MA26 MA27 NA08 NE12
 NE14 NE15 NE23 PA01Z
 PA09Z PA10Z PA17Z PC02Z
 PD03A PD12Z PE01Z PE03Z
 PE08Z PF03Z PF16Z